



TITLE:

Mesoscopic Surface Characterization for Skeletal Kinematics Estimation from 3D Video(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Mukasa, Tomoyuki

CITATION:

Mukasa, Tomoyuki. Mesoscopic Surface Characterization for Skeletal Kinematics Estimation from 3D Video. 京都大学, 2015, 博士(情報学)

ISSUE DATE:

2015-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19337>

RIGHT:

(続紙 1)

京都大学	博士（情報学）	氏名	武笠 知幸
論文題目	Mesoscopic Surface Characterization for Skeletal Kinematics Estimation from 3D Video （3次元ビデオからの運動学的骨格構造推定のためのメゾスコピック表面特徴記述法）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>3次元ビデオは、3Dテレビのように映像が飛び出して見えるステレオ映像、もしくはコンピュータグラフィックスで作成された人工的な3Dアニメーションではなく、自由に運動する対象の3次元形状と動き、および表面テクスチャを全周囲に渡って記録した完全な実写3次元映像である。しかし対象の動きは表面形状の時間的な変化として記録され、そのような変化を生じさせた内部の骨格構造とその運動は得られていない。したがって3次元ビデオで撮影された対象各部位の運動を記述すること、あるいは骨格構造に基づいて、3次元ビデオとして撮影された対象の動作を直接編集することはできない。</p> <p>本論文は、自由に運動する対象を撮影した3次元ビデオから、その運動学的骨格構造、すなわち表面形状およびその変化と整合性のある骨格の構造および運動を同時に推定するためのアルゴリズムについてまとめたものであり、6章から構成される。</p> <p>第1章では、まず3次元ビデオの撮影プロセスを概観し、そのプロセスに由来する3次元ビデオデータの問題点として、対象を撮影したある時刻の3次元形状と、次の時刻の3次元形状を比較した場合、たとえ3次元表面形状として類似度が高かったとしても、①一方の表面上の1点が他方でどの点に対応するのかという時間的対応付けが与えられないこと、さらに②体節同士の接触などによりカメラから観測可能な領域が変化した場合、そもそも時間的対応付けが存在しない可能性があり、場合によっては表面形状のトポロジーも変化すること、を指摘している。そしてこれらの問題を解決する、すなわち可観測性のモデル化と安定な時間的対応付けを行うために、3次元表面形状のメゾスコピックな特徴化に着目した新たなアルゴリズムを提案している。</p> <p>第2章では、まず従来の3次元ビデオおよびモーションキャプチャ技術について概観し、骨格構造とその運動を同時に推定する手法が実現されていないことを指摘している。次に骨格構造が推定されていたとしても、3次元ビデオの生成過程から不可避の問題である、可観測性に起因する不完全な3次元表面形状データを適切にモデル化した運動推定手法が確立されていないことを指摘している。</p> <p>第3章では、まず3次元表面形状系列においては、累積測地距離の極大点が、形状変化に関わらず安定に検出できる特徴であることを指摘している。そこで極大点を中心として部分表面領域を形成し、部分表面領域間の接続関係が一定であるような時区間ごとに系列を分割すれば、分割後の各時区間内では形状表面上の各点においてその運動軌跡を得ることができることを指摘し、そのような接続関係の一貫性を評価するためのアルゴリズムとして、形状表面各点から極大点への測地距離ヒストグラムを用いたPart-wise Geodesic Histogram Shape Descriptorと呼ぶ特徴量を提案している。</p> <p>第4章では、分割された各時区間内において得られる形状表面上の各点の運動軌跡に基づいて、剛体・非剛体運動部位とその接続関係を部分骨格構造として同定するアルゴリズムを提案するとともに、各時区間で得られた部分骨格構造を一つの骨格構造へと統合する問題が、最小全域木探索問題として定式化できることを示し、そのためのアルゴリズムを提案している。また人物だけでなく、犬のような対象においてもその運動を記述できる骨格構造推定が可能であることを実験により示している。</p> <p>第5章では、対象が重度の体節間接触を伴う複雑な運動を行う場合には、そもそも3次元ビデオの生成過程の特徴として可観測性が低下、隠蔽される領域が発生し、そ</p>			

のような領域に対応する表面形状は得られないことを指摘し，可観測性のモデル化および，第4章で得られた骨格構造を利用した，可観測性低下に頑健な運動推定を実現するアルゴリズムを示すとともに，実画像を用いた実験によってその有効性を示している．

第6章では，本論文の目的と提案手法のまとめを行うとともに，今後の課題と応用について議論をしている．

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し，合わせて，3,000字を標準とすること．

論文内容の要旨を英語で記入する場合は，400～1,100 wordsで作成し

審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること．

(論文審査の結果の要旨)

3次元ビデオは、3Dテレビのように映像が飛び出して見えるステレオ映像、もしくはコンピュータグラフィックスで作成された人工的な3Dアニメーションではなく、自由に運動する対象の3次元形状と動き、および表面テクスチャを全周囲に渡って記録した完全な実写3次元映像である。しかし対象の動きは表面形状の時間的な変化として記録され、そのような変化を生じさせた内部の骨格構造とその運動は得られていない。したがって3次元ビデオで撮影された対象各部位の運動を記述すること、あるいは骨格構造に基づいて3次元ビデオに写された対象の動作を直接編集することはできない。

本論文は、自由に運動する対象を撮影した3次元ビデオから、その運動学的骨格構造、すなわち表面形状およびその変化と整合性のある骨格の構造および運動を同時に推定するアルゴリズムについてまとめたものであり、得られた成果は以下の通りである。

(1) Part-wise Geodesic Histogram Shape Descriptor (PGH-SD)と呼ばれる新たな特徴量を考案し、これを用いることによって3次元ビデオとして撮影された3次元表面形状系列を、表面上の各点の運動軌跡が安定に推定できるような時区間に分割するためのアルゴリズムを示した。

(2) PGH-SDによって分割された各時区間それぞれにおいて、剛体・非剛体領域とその接続関係を推定するためのアルゴリズムを考案した。

(3) 各時区間において得られた剛体・非剛体領域を時系列全体にわたって統合するアルゴリズムを示すとともに、得られた剛体・非剛体領域を基に、3次元表面形状を、木構造として表される骨格構造へと変換する問題が、最小全域木探索問題として定式化できることを示した。

(4) 以上の処理で得られた対象の運動学的骨格構造を用いることにより、身体部位同士の重度な接触を伴う複雑な運動を行う対象の3次元ビデオから、対象の運動を推定するアルゴリズムを示すとともに、実画像を用いた実験によってその有効性を示した。

以上本論文は、3次元ビデオとして撮影された運動対象の表面形状系列から、表面形状およびその変化と整合性のある骨格の構造および運動を同時に推定する方式として、①Part-wise Geodesic Histogram Shape Descriptorに基づいた時区間分割、②各時区間から得られた部分骨格構造の統合、③得られた骨格構造を用いた、重度の自己遮蔽を伴う複雑な運動の推定アルゴリズムを考案し、実際の3次元ビデオを用いた実験によってその有効性を実証したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成27年9月1日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。

注) 論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。
更に、試問の結果の要旨(例えば「平成 年 月 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。」)を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日: 年 月 日以降